

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

FAKTORI KOJI UTJEČU NA DETERMINACIJU SPOLA KOD MORSKIH  
KORNJAKA  
FACTORS AFFECTING SEX DETERMINATION IN SEA TURTLES

SEMINARSKI RAD

Katarina Koller

Preddiplomski studij znanosti o okolišu  
(Undergraduate Study of Environmental Sciences)

Mentor: prof.dr.sc.Milorad Mrakovčić

Zagreb, 2010.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	3
2. BIOLOGIJA MORSKIH KORNJA A.....	4
3. TEMPERATURA KAO SPOLNO DETERMINIRAJU I IMBENIK.....	5
3.1. SREDNJA TEMPERATURA KOD MORSKIH KORNJA A.....	6
3.2. <i>TRT</i> KOD MORSKIH KORNJA A.....	7
4. DETERMINACIJA SPOLA KOD EMBRIJA MORSKIH KORNJA A.....	8
4.1. TERMOSENZITIVNI PERIOD.....	9
4.2. ESTROGEN HIPOTEZA.....	10
5. MJESTO GNIJEŽ ENJA I OMJER SPOLOVA U MORSKIH KORNJA A.....	10
5.1. PROSTORNE OSCILACIJE.....	11
5.2. VREMENSKE OSCILACIJE.....	11
5.3. FREKVENCIJA GNIJEŽ ENJA.....	12
6. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POPULACIJU MORSKIH KORNJA A.....	13
6.1. PROMJENA PRIRODNIH OMJERA SPOLOVA.....	13
6.2. PROMJENA VREMENA I RUTE MIGRACIJA.....	14
7. ZAKLJU AK.....	16
8. LITERATURA.....	17
9. SAŽETAK.....	19
10.SUMMARY.....	19

## 1. UVOD

Determinacija spola kod morskih kornjača je tema koju sam izabrala za svoj završni rad iz razloga što me, kao prvo, oduvijek oduševljavao njihov dug životni vijek, a kao drugo, jako je zanimljivo bilo proučiti razvitak spola i na in na koji se sve to odvija. Usredotočio se prvenstveno na temperaturu koja je ključni faktor u determinaciji spola kod morskih kornjača. Za determinaciju je bitna druga trećina inkubacije, jer je to period izvan kojeg temperatura više nema nikakav utjecaj na fenotip spola. Uz temperaturu su usko vezane globalne promjene klime koje utječu na migraciju i reprodukciju, a samim time se mijenjaju reproduktivne varijable kao što su broj jaja u leglu, broj legla u sezoni i interval između reproduktivnih sezona. Omjer spolova izleglih mladih bi prema evolucijskoj teoriji trebao biti 1:1 ( : ), što naravno nije slučaj. Većina istraživanja bilježi plaže na kojima je većina postotak ženki. Budući da temperature inkubacije koje su  $>29^{\circ}\text{C}$  pogoduju razvitku ženskog spola, dolazimo do ključnog problema za preživljavanje ove skupine životinja. Obrazloženje je da već nekoliko desetljeća vlada globalni trend povišenja temperature što za sobom povlači i daljnji razvitak ženskog spola u odnosu na muški. Ovim radom pokušati barem malo doći do arata na koji način temperatura utječe na spol kod morskih kornjača, pa tako i kod većine drugih gmazova koji također posjeduju temperaturnu determinaciju spola.

## 2. BIOLOGIJA MORSKIH KORNJA A

Kornja e spadaju u razred Reptilia/gmazovi. Morske kornja e se ubrajaju me u najugroženije organizme na svijetu, stoga su zašti ene brojnim nacionalnim i me unarodnim propisima. U Hrvatskoj su zašti ene od 1995. godine. Recentne vrste morskih kornja a podijeljene su u dvije porodice, *Dermochelyidae* (usminja e) i *Cheloniidae* (želve). Porodica *Dermochelyidae* koja uklju uje samo jednu danas živu u vrstu (*Dermochelys coriacea*/sedmopruga usminja a), za razliku od porodice *Cheloniidae* u koju spadaju ostale vrste morskih kornja a, ima reducirane plo e oklopa. (tablica 1.)

TABLICA 1. Popis vrsta morskih kornja a, vrste uz koje je (\*) mogu se na i u Hrvatskoj (Prilago eno prema Lazar, 2009.)

<b>Dermochelyidae (usminja e)</b>	<b>Cheloniidae (želve)</b>
<i>Dermochelys coriacea</i> (sedmopruga usminja a)*	<i>Caretta caretta</i> (glavata želva)*
	<i>Chelonia mydas</i> (zelena želva)*
	<i>Eretmochelys imbricata</i> (karetna želva)
	<i>Lepidochelys kempii</i> (Kempijeva želva)
	<i>Lepidochelys olivacea</i> (maslinasta želva)
	<i>Natator depressus</i> (ravnole a želva)

Kornja e su se pojavile u Trijasu, dugoživu e su, imaju niski reproduktivni potencijal i kasno sazrijevaju. Vrijeme kada kornja e postaju spolno zrele nije sa sigurnoš u odre eno, me utim, postoje vrste poput Kempijeve želve koje postaju spolno zrele izme u 7-12 godine života, te one, poput glavate i zelene želve, koje spolnu zrelost dostižu sa 30-35 godina (Heppell i sur.,2003.). Dostizanje spolne zrelosti se razlikuje i izme u jedinki iste populacije unutar istog staništa ishrane (Braun-McNeill i sur.,2008.).

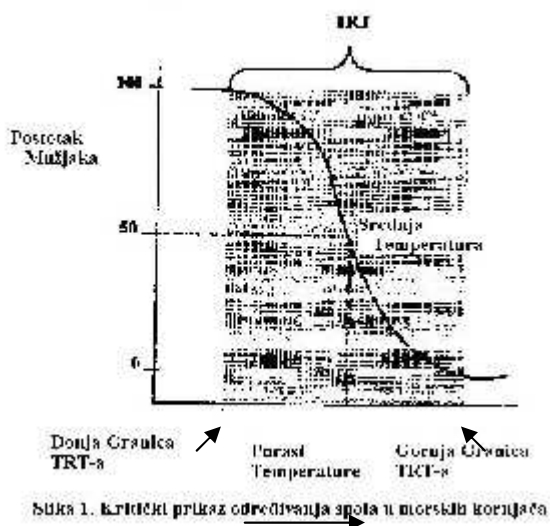
Morske kornja e su rasprostranjene u svim morima svijeta osim u polarnim podru jima. Hrane se meduzama, algama, rakovima, školjkama, manjim ribama. Kod njih je zabilježena najduža migracija od mjesta ishrane, pa do mjesta na kojima se jedinke pare, što je obi no neposredno ispred plaže na kojoj potom odlazu jaja. Polaganje jaja se uvijek odvija no u, osim kod *Lepidochelys kempii* koja pretežno danju polaže svoja jaja. Polaganje jaja je jedini razlog zašto morske kornja e izlaze na kopno. Životni ciklus morskih kornja a je u suštini sli an. Ženke polažu jaja na pješ anim plažama, a nakon 50-70 dana iz jaja se izvaljuju mladi te ulaze u more. Spol mladih odre en je temperaturom inkubacije (temperaturna determinacija spola, TDS), pri emu inkubacija na višim temperaturama (>29°C) daje ve i udio ženki. Budu i da ne postoji briga za potomstvo kod ženki morskih kornja a, one polažu velik broj jaja tijekom reproduktivnog perioda. Preživljavanje gnijezda i mladih do prve godine života je

malo zbog velikog utjecaja predatora, a danas i zbog sve većeg djelovanja ovjeka. Pretpostavlja se da samo jedna od 1000 mladin dostigne spolnu zrelost.

### 3. TEMPERATURA KAO SPOLNO DETERMINIRAJUĆI FAKTOR

Temperaturna determinacija spola (TSD) je prvi puta uočena 1966. godine u guštera (Charnier, 1966.). Od tada se to pojavilo primjenjivo kod velikog broja vrsta gmazova, uključujući i sve krokodile, većinu kornjaka, kod nekih guštera, te prenosnika (Bull, 1980.). Slučaj TSD-a u gmazova navodi struknjake na pretpostavku da takav sustav predstavlja prastari oblik spolne determinacije iz kojeg su evoluirali spolno determinirajući sustavi ptica i sisavaca (Marshall Graves i sur., 2001.). U morskih kornjaka, TSD je prvi puta dokumentiran kod glavatih želvi, *Caretta caretta* (Yntema i Mrosovsky, 1980.). Od tada je to uočeno kod svih danas živućih vrsta: *Chelonia mydas* (zelena želva), *Eretmochelys imbricata* (karetna želva), *Lepidochelys kempii* (Kempijeva želva), *Lepidochelys olivacea* (maslinasta želva), *Natator depressus* (ravnonožna želva), *Dermochelys coriacea* (sedmopruga usminjaka).

Iako velik broj vrsta gmazova posjeduje TSD, temperatura različitog utjecaja ovisno o vrsti (Bull, 1980.). Kod morskih kornjaka je zabilježeno da više temperature inkubacije ( $>29^{\circ}\text{C}$ ) daju veći udio ženki i obrnuto, na nižim temperaturama inkubacije se izvaljuje više mužjaka.



Slika 1. Kritični prikaz određivanja spola u morskim kornjaka

(Prilagođeno prema Eckert i sur., 1999)

Radi lakšeg objašnjavanja TSD-a, uvedeno je nekoliko termina. Jedan od njih je TRT (the transitional range of temperatures) što predstavlja raspon temperatura na kojoj se odnos spolova pomiće sa 100% mužjaka prema 100% ženki (Mrosovsky i sur., 1991.). Ako se uzmu muško-ženski uzorci kod morskih kornjaka, temperatura iznad TRT-a daje ženke, dok temperatura ispod TRT-a daje mužjake.

Unutar TRT-a postoji i temperatura poznata kao središnja temperatura (pivotal temperature), koja predstavlja konstantnu temperaturu inkubacije pri kojoj je omjer izlegnutih

mužjaka i ženki 1:1. Ona se može mijenjati između vrsta, ali i unutar nje. Isto tako, i TRT može varirati unutar morske populacije kornjača. Ukoliko se želi napraviti istraživanje o determinaciji spola ili procijeniti omjer spolova mladih u određenoj populaciji morskih kornjača, najoptimalnije je odrediti parametre za tu jedinstvenu populaciju. Jedan od bitnih uvjeta prilikom procjene temperature je točnost koja je limitirana sa nekoliko faktora kao što su: pravilna oprema, stabilnost inkubacije, te eksperimentalni protokol. Jako je teško precizno odrediti središnju temperaturu pomoću koje bi se mogao izračunati omjer spolova, jer već i mala promjena temperature okoliša može imati signifikantni utjecaj na samo istraživanje.

### 3.1. SREDNJA TEMPERATURA KOD MORSKIH KORNJAČA

**TABLICA 2.**

**Primjeri zabilježenih srednjih temperatura kod morskih kornjača**

(Prilagođeno prema Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J., 2003.)

<b>Vrsta i lokacija</b>	<b>Procijenjena srednja temperatura (°C)</b>
<b>Glavata želva (<i>Caretta caretta</i>)</b>	
U.S.	Prosječno 30
U.S.	29.0
Australija	27.7, 28.7
Australija	Prosječno 29.0
S. Afrika	29.7
Brazil	29.2
<b>Zelena želva (<i>Chelonia mydas</i>)</b>	
Surinam	28.8
Kostarika	Prosječno 28.5-30.3
<b>Karetna želva (<i>Eretmochelys imbricata</i>)</b>	
Antigua	29.2
Kostarika	29.6

Morske kornjače imaju relativno malu oscilaciju središnje temperature. Raspon se kreće između 27.7°C do 31°C, a ovisi o vrsti i o samoj studiji, pri čemu većina vrsta ima središnju

temperaturu izme u 29°C i 30°C (Mrosofsky, 1994.). Razlog ovako uskog protezanja središnje temperature je nepoznat, a može se objasniti kao pritisak okoliša ili fiziologije organizma.

Tablica 2. pokazuje kako zabilježene srednje temperature variraju unutar vrste i populacije. Srednja temperatura se naj eš e tuma i prou avanjem glavate želve, kojoj je ujedno dana i najve a pažnja od svih vrsta morskih kornja a. Morosovski (1988) je procijenio prosje nu srednju temperaturu za legla glavatih želvi sa tri razli ite lokacije na obalama SAD-a. Provedeno istraživanje je pokazalo da se sve vrijednosti srednje temperature kre u oko 29 C, ali se ta vrijednost za individualna legla mijenja i interval može varirati izme u 28.5-29.2 C. Štoviše, za vrijeme istraživanja na ene su signifikantne razlike izme u dva legla sa iste plaže gnijež enja. Promatranjem glavatih želvi na plažama Australije prosje na srednja temperatura je bila izme u 27.7 C i 28.7 C., sa signifikantnim razlikama me u leglima. Ista takva istraživanja provedena na glavatim želvama sa obala Brazila dala su podatke od 29.2 C za srednju temperaturu, dok je ta vrijednost za Južnu Afriku procjenjena na 29.7 C. Prema tome, grani na temperatura samo unutar ove vrste varira za 1 C, što pokazuje kompleksnost procjene ovog parametra. Ukoliko se želi raditi studija o omjerima spolova ili determinaciji spola neke odre ene populacije morskih kornja a bitno je odrediti srednju temperaturu za tu promatranu populaciju, a ne raditi procjene na temelju podataka drugih populacija. Budu i da se javljaju i varijacije izme u legla, to nost procjene srednje temperature ovisit e i o broju istraženih legla što je zbog ugroženosti ove skupine životinja esto problemati no. Me utim, ove razlike mogu nastati zbog eksperimentalnih pogrešaka, razlika u postupku ili odstupanja statisti kih analiza. Kasnijim istraživanjima predložena je srednja temperatura od 29 C. (Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J., 2003)

### **3.2. TRT KOD MORSKIH KORNJA A**

TRT predstavlja konstantan parametar u determinaciji spola kod morskih kornja a. To je ujedno i raspon temperature gdje dolazi do promjene omjera spola iz 100% mužjaka u 100% ženki (Morosovsky i sur.,1991.). TRT je puno teže procijeniti nego srednju temperaturu zato što je potreban ve i broj inkubacijskih temperatura kako bi se znalo što je ispod, a što iznad krivulje. TRT se generalno može odrediti skupljanjem podataka iz prijašnjih studija gdje su ustanovljene maksimalne temperature inkubacije na kojoj se ležu svi mužjaci i minimalne temperature inkubacije na kojoj se ležu sve ženke. Ve ina tih prijašnjih studija nema precizno

određen TRT zbog premalog uzorka temperatura inkubacije. Međutim, već se i u tim studijama vidi da TRT, isto kao i srednja temperatura, varira unutar i između vrsta.

Kako bi se odredila što to nije vrijednost TRT-a optimalno je raditi što više mjerenja na što većem uzorku gnjezdišta na različitim pozicijama plaže, ponavljaju i ta istraživanja kroz nekoliko godina. Opremu potrebnu za mjerenje temperature na plaži opširno su osmislili Godfrey i Mrosovsky (1994.). Oni su dizajnirali mjerilo koje pamti minimalne i maksimalne temperature.

Za primjer (tablica 3.), minimalna temperatura na kojoj se ležu sve ženke proteže se između 29.75°C i 32.0°C, te maksimalna temperatura na kojoj se ležu svi mužjaci varira između 26.0°C i 28.75°C, ovisno o vrsti i populaciji koja se istražuje. Istraživanjima na glavatim želvama utvrđeno je da vrijednost TRT-a varira od 2.0-3.0°C, dok kod sedmopruge usminjača varira svega za 1°C. Ovi podaci su jako bitni za razumijevanje zaštite i ekologije kornjača jer se prema njima vidi da ukoliko dođe do promjene raspona TRT-a od 3°C ili čak i manje, može doprinjeti promjeni odnosa spolova iz svih mužjaka u sve ženke.

**TABLICA 3.**

**Primjeri temperature inkubacije na kojima se proizvode sve ženke ( ) ili svi mužjaci ( )**

(Prilagođeno prema Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J., 2003.)

<b>Vrsta i lokacija</b>	<b>Temperature (°C) na kojima se izvaljuju 100%</b>	<b>Temperature (°C) na kojima se izvaljuju 100%</b>
<b>Glavata želva (Caretta caretta)</b>		
U.S.	<27.5	30.4-30.5
Australija	26.0	30.0-32.0
Australija	<26.0	31.0
Brazil	28.0	30.6
<b>Zelena želva (Chelonia mydas)</b>		
Surinam	<27.75	>29.25-30.75
Kostarika	<28.0	>30.5
<b>Karetna želva (Eretmochelys imbricata)</b>		
Antigua	28.5-29.0	30.3
Kostarika	28.4	30.4



#### **4. DETERMINACIJA SPOLA KOD EMBRIJA MORSKIH KORNJA A**

Spolna diferencijacija u sisavaca ovisi o transformaciji nediferenciranih gonada u testise. SRY je gen koji kontrolira poticanje ovog događaja i smješten je na kraćem kraku Y-kromosoma (Koopman i sur.,1990.). U kralježnjaka koji nisu sisavci postoji porodica SOX gena koji odgovaraju SRY genima. Nalaze se u oba spola i postoje neovisno o spolnim kromosomima. (Tiersh i sur.,1991.). Iako ti geni nisu dovoljno istraženi, vjerojatno je da se morfološka diferencijacija spola embrija odvija u gonadama. Faktor ili faktori potrebni za spolnu diferencijaciju primarno djeluju na razini gonada kontroliraju i transformaciju samih gonada u jajnike ili testise.

SOX9 gen odgovara SRY genu u sisavaca, te je on taj koji je odgovoran za diferencijaciju gonada u testise kod morskih kornjaka (da Silva i sur.,1996.;Kent i sur.,1996.). Međutim, istraživanja TSD-a u aligatora upućuju na to da je ekspresija SOX9 nevažan događaj i da nije testis-determinirajuć gen.(Western i sur.,1999.). Postoji još niz gena za koje se pretpostavlja da imaju ulogu u diferencijaciji testisa, ali oni danas još nisu dovoljno istraženi. Navesti ćemo nekoliko primjera: DMRT1 je uključen u diferencijaciju testisa kod sisavaca (Raymond i sur.,1999.) i ptica (da Silva i sur.,1996.), ali on nije istražen kod morskih kornjaka. Anti-müller hormon (AMH) i SF-1 imaju sličnu ulogu kod mužjaka vertebrata. (Cate i sur.,1986.; Shen i sur.,1994.).

Gledajući mehanizme preko kojih temperatura ili neki drugi okolišni faktor djeluje na diferencijaciju spola, postoje dvije grupe kralježnjaka: (1.) Organizmi na koje ne djeluju okolišni faktori, te je njihov spol određen SRY-genom; (2.) Organizmi čija je determinacija spola ovisna o utjecaju okoliša. (Bull,1983.) Determinacija spola kod morskih kornjaka je ovisna o temperaturi inkubacije. Većina istraživanja TSD-a rađena je na slatkovodnim kornjama, od kojih mnoge imaju iste uzorke determinacije spola i iste srednje temperature i TRT. Naredni tekst će biti usredotočen na morske kornjake, ali će biti uključene i informacije o slatkovodnim kornjama.

##### **4.1. TERMOSENZITIVNI PERIOD**

Determinacija spola kod morskih kornjaka odvija se u drugoj trećini ukupnog trajanja inkubacije i naziva se termosenzitivni period (TSP). TSP je definiran kao vrijeme izvan kojeg temperatura više nema nikakav utjecaj na fenotip spola. (Morosovsky i Pieau,1991.). Kao što

je ve prije re eno, ukoliko se u tom periodu jaja izlože višoj temperaturi ve a je vjerojatnost da e se izle i ženke, dok je na nižim temperaturama obrnuto.

Prvi znakovi diferencijacije spola se javljaju pred kraj termosenzitivnog perioda (Merchant-Larios i sur.,1989.) Spolna diferencijacija pri temperaturama na kojima se proizvode ženke uklju uje stanjenje kortikalnog epitelnog tkiva i degradaciju medularne niti. Nasuprot tome, pri temperaturi na kojoj se proizvode mužjaci korteks ne proliferira i medularna nit se ne povla i nego e se eventualno razviti u sjemenike. Kada se mladi izvale iz jaja, jajnici e se mo i histološki razlikovati od testisa (Eckert, Bjorndal, Abreu-Grobois i Donnelly, M. (1999).

## **4.2. ESTROGEN HIPOTEZA**

Funkcioniranje TSD-a nije u potpunosti otkriveno, ali ova hipoteza kazuje kako temperatura inkubacije na kojoj se proizvode ženke stimulira gonade na proizvodnju estrogena koji potom stimulira diferencijaciju gonada u jajnike (Pieau,1996.). Ukoliko se jaja kornja e tretiraju inhibitorom aromataze (aromataza je enzim koji proizvodi estrogen iz androgena) dolazi do diferencijacije gonada u testise.

Druga istraživanja kazuju da ta povišena koncentracija estrogena može biti samo popratni doga aj koji se javlja u jajnicima nakon determinacije spola. (Lutz, Musick, Wyneken, 2003)

Postoji još jedna hipoteza koja sugerira da bi mozak (prije nego gonade) mogao biti odgovoran za produkciju estrogena tijekom ranog embrionalnog razvoja (Jeyasuria i Place,1998.;Salame-Mendez i sur.,1998). U skladu sa ovom hipotezom mozga uklju enog u TSD, istraživanja upu uju na to da živ ani sustav inervira gonade kod diferencijacije spola (Gutierrez-Ospina i sur.,1999.).

Ukratko, genetika TSD-a nije u potpunosti razjašnjena, ali su otkriveni brojni potencijalni faktori za determinaciju spola. Rezultati budu ih istraživanja e rasvijetliti uklju enost estrogena u TSD. Do sada je napravljeno jako malo geneti kih istraživanja determinacije spola u morskih kornja a, ali informacije o TSD-u u drugih vrsta gmazova mogu služiti kao podloga za stjecanje znanja o specifi nim genima uklju enim u tu determinaciju spola.

## **5. MJESTO GNIJEŽ ENJA I OMJER SPOLOVA U MORSKIH KORNJA A**

Evolucijska teorija predlaže da bi primarni omjer spolova trebao biti 1:1 ( : ), ali ve ina predvi enih omjera spolova ne potvr uje tu pretpostavku. Svega nekoliko plaža bilježi omjer spolova koji se približava 50% ženki, a o itu dominaciju imaju plaže na kojima se ležu

veinom ženke i to čak gdje je težište na 90% (Lutz, Musick, Wyneken, 2003). Nema zabilješki o postojanju plaže na kojoj tijekom cijele sezone prevladavaju mužjaci. Iz ovih podataka može se uočiti da TSD u morskih kornjača nije naklonjen evolucijskoj teoriji koju je dao Fisher, već predominacija kod spolova teži ka ženkama. Nikako se nesmiije zaboraviti da su ovakvi rezultati mogu i zbog istraživanja provedenog na premalom broju uzoraka morskih kornjača, isto kao i na malom broju gnijezdišta.

## **5.1. PROSTORNE OSCILACIJE**

Istraživanja su pokazala da mjesto gnijezdenja može imati veliki utjecaj na determinaciju spola u leglu. Plaža na kojoj se gnijezde može imati nekoliko temperaturnih zona koje utječu na omjer spolova. Te zone su strmina blizu vode, otvorena plaža, omeđeni pješčani humci uz more, plaža okružena vegetacijom i sli. n. (Eckert, Bjørndal, Abreu-Grobois, Donnelly, 1999). Gnijezda koja su ženke napravile ispod guste vegetacije su hladnija nego ona na otvorenoj plaži, te su pogodnija za razvitak mužjaka. Ovisno o specifičnoj plaži koju glavata želva izabere za gnijezdenje na malom otoku Heron Island, omjer spolova izleglih jaja može varirati od 29.5% do 63.1% ženki (Lutz, Musick, Wyneken, 2003). Čak je i boja pijeska u direktnoj vezi sa temperaturnim karakteristikama plaže na kojoj se gnijezde. Prema tome, ako znamo lokaciju na kojoj se određena vrsta gnijezdi, to nam može značajno pomoći u determinaciji spola.

## **5.2. VREMENSKE OSCILACIJE**

Ženke svih morskih kornjača polažu više legla tijekom jedne reproduktivne sezone, a mogu položiti i do 7 legla, s 14-dnevnim prosječnim razmakom između dva uzastopna gnijezdenja. Period između gnijezdenja u jednoj reproduktivnoj sezoni Carette, Chelonie i Eretmochelysa je 12-15 dana, dok je taj period kod Natatora 13-18 dana, a kod Dermochelysa 9-10 dana (Lutz, Musick, Wyneken, 2003). Isto tako je važno znati da individualna morska kornjača ima tendenciju za gnijezdenje svake druge ili treće godine, a neke čak i duže. To vrijeme između dvije reproduktivne sezone se zove remigracijski period.

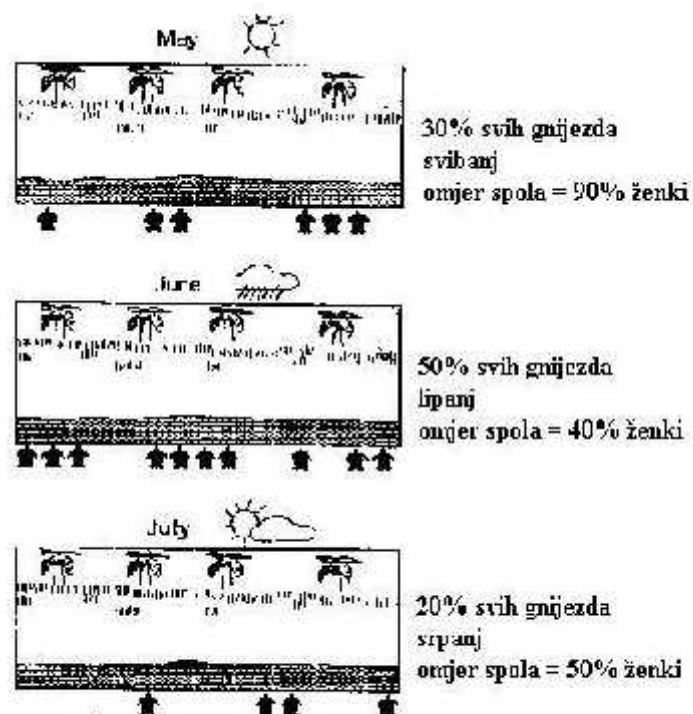
Dakle, zaključimo da sezona gnijezdenja može trajati nekoliko mjeseci, te se tijekom tog perioda do i do promjena vremenskih uvjeta, što znači da postoji ovisnost omjera spolova o sezoni gnijezdenja. Istraživanjima glavatih želvi južne Karoline i Georgie, Morosovsky je pokazao da omjer spolova izleglih mladih može varirati s obzirom na godišnje doba. Tako se

za vrijeme hladnijeg perioda sezone gniježdenja javlja manje od 10% ženki, dok se u toplijim mjesecima taj postotak pomi e na 80% ženki. Iz sli njih interesa napravljeno je još nekoliko studija kojima je uo eno da opadanje temperature, koje je uzrokovano kišnim periodima, rezultira ve i razvitak mužjaka. Standora i Spotila su istraživali utjecaj monsuna na omjer spolova izleglih mladih glavatih želvi u Sarawaku, te su uo ili da se u sezoni monsuna ra aju pretežno mužjaci, dok se od travnja do listopada razvijaju pretežno ženke. Radi lakše determinacije spola, sezona se naj eš e dijeli u zasebne jedinice vremena, kao što su mjese ni ili polumjese ni periodi. (Godfrey i sur.,1996.)

### 5.3. FREKVENCIJA GNIJEŽ ENJA

Generalno gledaju i, ve ina kornja a se gniježdi u sredini sezone, nego na njezinom po etku ili kraju. Ove razlike u frekvenciji gnijež enja moraju biti ujedinjene sa informacijama kako omjer spolova varira tijekom sezone. Cilj je kombinirati podatke o omjeru spolova za specifi ni period sezone gnijež enja sa podacima o broju položenih jaja za taj isti period.

Za primjer je prikazan hipotetski crtež plaže gnijež enja (slika 2.)



Slika 2. Primjer frekvencije gniježdenja kornjača i omjer spolova u jednoj sezoni.

Sezona gnijež enja traje tri mjeseca i prešla je promjenu iz suhog u kišoviti dio godine. Relativne frekvencije gnijež enja svakog mjeseca prikazane su desno, sa ve inom položenih jaja u lipnju. Srednje vrijednosti omjera spolova na pojedina nim gniježdištima iz svakog mjeseca su također prikazani sa desne strane,

( Prilago eno prema Eckert, Bjorndal, Abreu-Grobois, Donnelly, M., 1999)

a predstavljeni su postotkom ženki. Kombinacijom dvaju setova podataka iz sva tri mjeseca iznesen je cjelokupni sezonski omjer spolova od 57% ženki. Međutim, ako se gleda samo jedan mjesec, tada se procjena omjera spolova bitno razlikuje (npr. lipanj 40%). Isto tako, podaci s jedne plaže ili iz jedne godine ne predstavljaju dugoročan prosječan omjer spolova populacije.

Razumijevanje odnosa temperature i omjera spolova na plaži olakšava pravilnu zaštitu na takav način da se oživljava oba spola.

## **6. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POPULACIJU MORSKIH KORNJAKA**

Klimatske su promjene jedna od najvećih prijetnji globalnom ekosustavu i bioraznolikosti. Kod morskih kornjaka prisutna je temperaturna determinacija spola što znači da bilo kakve promjene klime mogu utjecati na promjenu omjera spolova.

### **6.1. PROMJENA PRIRODNIH OMJERA SPOLOVA**

Hays, G.C., Broderick, A.C., Glen, F., Godley, B.J. (2003) koriste i empirijske odnose između temperature pijeska i zraka, rekonstruirane su temperature pijeska za period od 1855. godine za legla zelene želve (*Chelonia mydas*) sa Ascension otoka. Zaključeno je da je tijekom posljednjih 150 godina došlo do klimatskog zagrijavanja, te se temperatura gnijezda na pojedinačnim plažama podigla za prosječno 0.5°C. Budući da više temperature odgovaraju razvitku ženki, generalni trend porasta temperature može dovesti do sve veće produkcije ženki, odnosno do poremećaja u omjeru spolova i tako do samog izumiranja ove skupine životinja. Svrha ovog rada je bila pravovremeno reagiranje na klimatske promjene.

Pozicija gnijezda na plaži, trajanje sezone gniježđenja i albedo pijeska su faktori koji mogu utjecati na temperaturu gnijezdišta. Mjerene su temperature pijeska i zraka u mjesecima kada je prosječno 90% legla bilo u drugoj trećini inkubacije (period kada temperatura određuje spol mladih). Utvrđeno je da se velike varijacije temperature unutar plaže javljaju kao posljedica različitih obojenosti pijeska (to nije zbog albeda koji je veći na svjetlijim plažama), te su svjetlije plaže hladnije (Hays i sur. 2001.). Ustanovljeno je da se oba spola, muški i ženski, javljaju u prihvatljivim omjerima na plaži koja ima svjetliji pijesak, te da se narednih godina na tamnijim plažama produkcija legla bitno naklonjena isključivo izvaljivanju ženki.

Postoji mogućnost da kornja e nadmudre globalno zagrijavanje, pa sezonu gnijež enja pomaknu u hladnije mjesece. Takav fenomen vi en je kod ptica (Sanz, 2002.). Me utim, informacije o premještanjima sezone gnijež enja kod morskih kornja a su površne, a i me u ostalim je primj eno da se te promjene ne javljaju kao reakcija na toplije uvjete u okolišu.

## **6.2. PROMJENA VREMENA I RUTE MIGRACIJA**

Migracije su seobe životinja u potrazi za hranom, partnerom ili područ jem razmnožavanja. Morske kornja e spadaju me u najve e putnike u životinjskom svijetu jer poduzimaju velike seobe izme u prostora na kojima se hrane i mjesta gnijež enja. Pojedine vrste migriraju i po nekoliko tisu a kilometara. Zbog dugih migracija one su izložene riziku klimatskih promjena, ali njihove mogućnosti da prevale ovako velike distance dokazuju njihovu sposobnost za preživljavanje. Usporedno s time, te vrste su sposobnije za prilago avanje rastu temperature.

Mnoge marinske vrste slijede vjetar ili morske struje kako bi si olakšale svoje putovanje i tako omogu ile migracije na velike udaljenosti (Wirth i Bernatchez 2003, Deveson i sur. 2005.). Promjena struje ili vjetra zahtjeva više energije, te mogu uputiti jedinku na krivu lokaciju u krivo vrijeme (Liechti 2006.). Morske kornja e prelaze ocean, kao ekološku barijeru, te takva putovanja zahtjevaju velike koli ine visoko-kvalitetne hrane kako bi mogle prije i barijeru i sti i na cilj u dobroj fizi koj kondiciji (Berthold 2001, Bairlein i Hüppop 2004.). Ukoliko jedinka ne stigne na cilj u dobroj formi, to može rezultirati redukciju preživljavanja ili plodnosti u kasnijem stupnju životnog ciklusa. (Gill i sur. 2001.). Kako do toga ne bi došlo migranti kre u ranije ili putuju brže, te koriste hranom bogatija područ ja da se uspješno vrate na mjesto razmnožavanja.

Dokazano je da se vrijeme tih doga aja (hranjenje, razmnožavanje) odvijaju ranije kao odgovor na povišenje temperature, ali je zanimljivo promatrati kako daleko vrste mogu pomicati svoje vrijeme u budu nosti. U grubo, reprodukcija i rast su uskla eni sa maksimumom dostupnosti resursa, tako da bi kriti na faza života (obi no kod mladih) trebala biti izložena optimalnim uvjetima.

Reina, Spotila, Paladino, Dunham (2008) su bilježili remigracijski period i broj potomaka individualne jedinke sedmopruge usminja e, te su ustanovili da je prelazak iz El Ni o u La Ni a sredinom 1998. god. uzrokovao dramati an porast primarne produkcije oceana, posebno u ekvatorijalnom dijelu Pacifika (Behrenfeld i sur. 2001.). Prelaskom El Ni o koji je osiromašio ocean, La Ni a je rezultirala oporavkom zajednice fitoplanktona (Chavez i sur.1999.). Price i sur. (2004.) su predložili da klimatske promjene utje u na reproduktivni

period kod sedmopruge usminja e (*Dermochelys coriacea*), a SanTidrián Tomillo i sur. (2007.) su sugerirali da se za vrijeme La Ni a pove a broj gnijež enja sedmopruge usminja e, dok El Ni o negativno utje e na reprodukciju i migraciju (Wallace i sur. 2006.). Poveznica izme u zooplanktona i klime je takva da utje e na porast ili smanjenje zooplanktona koji je osnovna hrana morskim kornja ama, tako da je logi no da klima ima utjecaj na kondiciju jedinke što pak utje e na reproduktivne varijable kao što su broj jaja u leglu, broj legla u sezoni i interval izme u reproduktivnih sezona.

I zadnje što bih spomenula je injenica da podizanje morske razine, što je posljedica topljenja ledenjaka, utje e na nestanak gnijezdišta jer se smanjuju raspoložive površine plaža.



**Slika 3.** Mjerenje dubine položenih jaja



**Slika 4.** Mlado morske kornja e



**Slika 5.** Puzanje mladog od gnijezda...



**Slika 7...**u kojem je našao uto ište!



**Slika 6.** ...prema moru...

Izvor slika sa ove stranice: <http://www.answersingenesis.org/articles/am/v2/n3/sea-turtles>

## 7. ZAKLJUČAK

Kornjale su skupina životinja koje kao i većina ostalih vrsta iz skupine gmazova imaju temperaturnu determinaciju spola što znači da svaka promjena u temperaturi klime utječe na njihov reproduktivni uspjeh. Temperaturna determinacija se gleda prema udjelu ženki u populaciji. Pri temperaturi inkubacije  $>29^{\circ}\text{C}$  izvaljuje se veći udio ženki i obrnuto. Determinacija spola kod morskih kornjale odvija se u drugoj trećini ukupnog trajanja inkubacije i naziva se termosenzitivni period. Ukoliko se u tom periodu jaja izlože višoj temperaturi veća je vjerojatnost da će se izvaliti ženke. Prema evolucijskoj teoriji omjer spolova trebao bi biti 1:1 ( : ), međutim takav slučaj je rijetko gdje zabilježen. Dapače, nema bilješki o postojanju plaže na kojoj tijekom cijele sezone prevladavaju mužjaci.

Pozicija gnijezda na plaži, trajanje sezone gniježđenja i albedo pijeska su faktori koji utječu na temperaturu gnijezda. To povlači za sobom pitanje klime, pri čemu klimatske promjene utječu na produktivnost oceana koja je usko povezana sa kondicijom jedinke, tako da se prilikom nestašice hrane mijenjaju reproduktivne varijable kao što su broj jaja u leglu, broj legla u sezoni i interval između reproduktivnih sezona.

U proteklih 100 milijuna godina, poznate vrste morskih kornjale nisu se mijenjale. To znači da su se jako dobro prilagodile svome okolišu. Nadživjele su i dinosaure i ledeno doba. Budućnost će pokazati koliko će uvijek cijeni ova prekrasna morska bića.



## 8. LITERATURA

- Bairlein F, Hüppop O (2004) Migratory fuelling and global climate change. *Adv Ecol Res* 35:33–47
- Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T., McClain, C.R., Feldman, G.C. i sur. (2001), Biospheric primary production during and ENSO transition. *Science* 291, 2594-2597
- Berthold P (2001) Bird migration: a general survey. Oxford University Press, Oxford
- Bull, J.J. (1980) Sex determination in reptiles. *U: Q. Rev.Biol.* 55, 3-21
- Charnier, M. (1966) Action de la temperature sur la sex-ratio chez l'embryon d'Agama agama. *U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, pp 104*
- Chavez, F.P., Strutton, P.G., Friederich, G.E., Feely, R.A., Feldman, G.C., Foley, D.G., McPhaden, M.J. (1999) Biological and chemical response of the equatorial Pacific ocean to the 1997-98 El Niño. *Science* 286:2126-2131
- Eckert, K.L. i Bjorndal, K.A. i Abreu-Grobois, F.A. i Donnelly, M. (1999) Research and Management Techniques for the conservation of sea turtles, 136
- Gill JA, Norris K, Potts PM, Gunnarsson TG, Atkinson PW, Sutherland WJ (2001) The buffer effect and large scale population regulation in migratory birds. *Nature* 412: 436–438
- Godfrey, M.H., Barreto, R. i Mrosovsky, N., (1996) Estimating past and present sex ratios of sea turtles in Suriname. *Canadian Journal of Zoology* 75, 267-277
- Godley, B.J., Broderick, A.C., Downie, J.R., Glen, F., Houghton, J.D., Kirkwood, I., Reece, S., Hays, G.C. (2001) Thermal conditions in nests of loggerhead turtles: further evidence suggesting female skewed sex ratios of hatchling production in the Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 263, 45-63
- Gutierrez-Ospina, G. i sur. (1999) Acetylcholinesterase-positive innervation in present at undifferentiated stages of the sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryo gonads: implication for temperature-dependent sex determination. *U: Lutz, P., Musick, Hays, G.C., Broderick, A.C., Glen, F., Godley, B.J. (2003) Climate change and sea turtles: a 150-year reconstruction of incubation temperatures at a major marine turtle rookery. Global Change Biology* 9, 642-646
- Hays, G.C., Ashworth, J.S., Barnsley, M.J. i sur. (2001) The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. *Oikos* 93, 87-94

- Jeyasuria, P. I Place, A. (1998) The brain-gonadal embryonic axes in sex determination of reptile: a role for cytochrome P450 Arom. J.Exp.Zool. 281,428-449.
- Liechti F (2006) Birds: blowin' by the wind? J Ornithol 147:202–211
- Marshall Graves, J.A. i Shetty, S. (2001) Sex from W to Z: evolution of vertebrate sex chromosomes and determining genes. U: J.Exp.Zool. 290, 449-462
- Merchant-Larios, H., Fierro, I.V., i Urrutza, B.C. (1989) Gonadal morphogenesis under controlled temperature in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, pp 104
- Mrosovsky, N. (1999) Sex ratios of sea turtles. U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, pp 106
- Mrosovsky, N. i Pieau, C. (1991) Transitional range of temperature, pivotal temperature and thermosensitive stages for sex determination in reptiles. Amphib. Reptilia 12, 169-179.
- Mrosovsky, N. I, Pieau (1991) Transitional range of temperature, pivotal temperatures and termosensitive period. U: Eckert, K.L. i Bjørndal, K.A. i Abreu-Grobois, F.A. i Donnelly, M.(1999) Research and Management Techniques for the conservation of sea turtles.130
- Price, E.R., Wallace, B.P., Reina, R.D., Spotila, J.R., Paladino, F.V., Piedra, R., Velez, E. (2004) Size, growth and reproductive output of adult female leatherbacks *Dermochelys coriacea*. Endang species res 1:41-48
- Reina, R.D., Spotila, J.R., Paladino, F.V., Dunham, A.E. (2008) Changed reproductive schedule of eastern Pacific leatherback turtles *Dermochelys coriacea* following the 1997-98 El Niño to La Niña transition, Endangered species research
- Robinson, R.A., Crick, H.Q.P., Learmonth, J.A., Maclean, I.M.D., Thomas, C.D., Bairlein, F., Forchhammer, M.C., Francis, C.M., Gill, J.A., Godley, B.J., Harwood, J., Hays1, G.C., Huntley, B.L., Hutson, A.M., Pierce, G.J., Rehfish, M.M., Sims, D.W., Santos, M.B., Sparks1, T.H., Stroud, D.A., Visser, M.E. (2008) Travelling through a warming world: climate change and migratory species.
- Salame-Mendez, A. i sur. (1998) Response of diencephalons but not the gonadeo female-Promoting temperature with elevated levels in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. U: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) The Biology of Sea Turtles, Vol II, 124-125
- Santidrian, T.P., Valez, C.E., Reina R.D., Piedra, C.R., Paladino, F.V., Spotila, J.R. (2007) Reassessment of the leatherback turtles *Dermochelys coriacea* population

- nesting at Parque Nacional Marino Las Baulas: effects of conservation efforts.  
Chelonian Conserv Biol 6:54-62
- Sanz, J.J., (2002) Climate change and breeding parameters of great and blue tits throughout the western Palaearctic. *Global Change Biology*, 8, 409-422.
- Wallace, B.P., Kilham, S.S., Paladino, F.V., Spotila, J.R. (2006) Energy budget calculations indicate resource limitation in Eastern Pacific leatherback turtles. *Mar Ecol Prog Ser* 318: 263-270
- Wirth T, Bernatchez L (2003) Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 270:681–688
- Yntema, C.L. & Mrosovsky, N. (1980) Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. In: Lutz, P., Musick, J., Wyneken, J. (2003) *The Biology of Sea Turtles*, Vol II, pp 104
- J., Wyneken, J. (2003) *The Biology of Sea Turtles*, Vol II, 124-125
- <http://www.answersingenesis.org/articles/am/v2/n3/sea-turtles>

## 9. SAŽETAK

Kornja e spadaju u razred gmazova. Sve morske kornja e imaju muško-ženske uzorke takve da niža temperatura inkubacije proizvodi mužjake, a viša temperatura inkubacije proizvodi ženke. Srednja temperatura je konstantna temperatura inkubacije pri kojoj e omjer spolova biti 1:1. Izra unata srednja temperatura je oko 29°C. Kod njih postoji termosenzitivni period za determinaciju spola, a smješten je u drugoj tre ini ukupnog perioda trajanja inkubacije. TSD (temperaturna determinacija spola) je u morskih kornja a prvi puta zabilježena kod glavate želve, *Caretta caretta*. Klimatske promjene tako er utje u na populaciju spomenute skupine, jer se svakim povišenjem temperature daje ve a prednost razvitku ženskog spola.

## 10. SUMMARY

Turtles belong to the class of reptiles. All sea turtles have a male-female (MF) pattern in which cooler incubation temperatures produce males and warmer incubation temperatures produce females. Pivotal temperature is the constant incubation temperature that will produce a 1:1 sex ratio. Reported pivotal temperature is approximately 29°C. There is a thermosenzitive period for sex determination during development placed around the second third of total time of incubation. In sea turtles, TSD (temperature sex determination) was first documented in the loggerhead, *Caretta caretta*. Climate change is also affecting the population of the aforementioned groups, because each increase of temperature gives higher priority to the development of the female.